

## ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МЕДНЫХ СВАРНЫХ И НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДОВ

*Быков И.Д., Железняк Л.М.*

*ФГАОУВО «УрФУ», г.Екатеринбург, Россия  
mcbaraban@gmail.ru*

Важным требованием при выпуске проводников тока, используемых для электропитания разнообразных машин, агрегатов и устройств на предприятиях различных направлений, а также по другим ответственным назначениям, является строгое соответствие стандартным нормативам физико-механических свойств заготовок из электротехнической меди. Статья посвящена повышению качественного уровня заготовок для этих изделий по двум следующим направлениям:

1. Увеличение длины заготовок при выпуске медной электротехнической продукции с участием волочильных станов, снабженных аппаратами электроконтактной сварки, достигаемое за счёт повышения пластичности металла в зоне термического влияния (ЗТВ) сварного шва путём снижения размеров зерна меди и модифицирования ее структуры. Кроме того, за счёт использования заготовок повышенной длины и снижения обрывности повышается производительность волочения.

2. Повышение качества непрерывнолитых заготовок (НЛЗ) путем их термдеформационной обработки (ТДО), гарантирующей перевод литой структуры в деформированную во всем объеме заготовки, повышение ее технологичности при волочении и получение надлежащего уровня физико-механических свойств готовых изделий. При этом исключается влияние отрицательной наследственности литой структуры на служебные свойства продукции.

Увеличение длины заготовок. Проведенное авторами исследование макроструктуры после стыковой сварки подтвердило 6 – 8-кратное превышение размера зерна в ЗТВ по сравнению с основным металлом, и именно вследствие этого прутки имеют повышенную обрывность. После электроконтактной сварки короткомерных заготовок и снятия образовавшегося при сварке грата была проведена локальная горячая деформация (осадка) в осевом направлении в пределах ЗТВ сварного стыка при температуре 810–870°C до образования на заготовке местного утолщения диаметром 1,5–2,0 диаметра заготовки с последующим снятием этого утолщения одним из широко известных способов.

Степень деформации при осадке  $\varepsilon = 0,54\text{--}0,92$  представлена, в связи с бульбообразной формой утолщения, в виде

$$\varepsilon = 2/3 (\ln(F_0/F_i)) = 2/3 (\ln(d_0/d_i))^2,$$

где  $F_i$  и  $d_i$  – площадь поперечного сечения и диаметр утолщения;

$F_0$  и  $d_0$  – то же для исходной заготовки.

Это обеспечило улучшение структуры ЗТВ путем измельчения зерен меди, выросших при сварке. Длинномерную заготовку, полученную после сварки короткомерных горячекатаных или горячепрессованных заготовок и снятия грата, без охлаждения (с целью равномерности теплового поля и снижения энергозатрат при нагреве под осадку) закрепляют в зажимных контактах того же сварочного аппарата и нагревают в режиме отжига, предусмотренном конструкцией аппарата, до 810–870°C на длине порядка двух диаметров заготовки – соответственно осевой протяженности ЗТВ.

Проверка разработанного нетрадиционного технологического режима на опытно-промышленных партиях медных заготовок различных диаметров показала, что осевая осадка ЗТВ, проведенная за пределами установленных температурного и деформационного режимов горячей обработки, не дает стабильно положительных результатов. Волочение промышленных партий проводников из длинномерных заготовок, полученных с соблюдением регламентированных режимов, подтвердило полное отсутствие обрывности протягиваемых изделий по ЗТВ.

Повышение качества НЛЗ. Это направление в последние десятилетия стало весьма актуальным в связи с широким распространением в мировой практике, в том числе и в РФ, установок для получения медных НЛЗ, предназначенных для изготовления проводников, применяемых при выпуске машиностроительной продукции, а также контактных проводов воздушной сети городского и магистрального электротранспорта.

При волочении крупное зерно дробится недостаточно, что не позволяет достичь требуемых механических свойств провода  $\sigma_b$  и  $\delta$  даже в случае применения заготовок повышенного сечения. Таким образом, подводя краткий итог, следует заметить, что сама сущность способа получения НЛЗ при отсутствии операций обработки металлов давлением (ОМД) для проработки литой структуры путём горячей или холодной пластической деформации, в принципе, не позволяет повысить качество поступающего на волочильный передел металла.

Авторами Настоящей публикации реализован способ подготовки медной НЛЗ к многопроходному волочению путем термдеформационной обработки (ТДО), содержащей однократное волочение с коэффициентом вытяжки  $\lambda = 1,10\text{--}1,22$  и отжиг при 700–780°C в течение 3–4 ч. При этом волочение проводится в направлении, совпадающим с направлением выхода заготовки из УГНЛ.

\*\*\*